

УДК 629.36:622.276

ДО ПИТАННЯ ПАЛИВОЗАОЩАДЖЕННЯ НА НАФТОГАЗОВОМУ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

¹І.М.Богатчук, ¹Р.Я.Клюфінський, ²Л.О.Богатчук¹ ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15, тел. (03422) 42351
e-mail: trans@nupq.edu.ua² Івано-Франківська експедиція з геофізичних досліджень в свердловинах ДГП “Укргеофізика”,
76000, Івано-Франківськ, вул. Українських Декабристів, 54, тел. (80342) 55-23-63;
e-mail: bobol1983@meta.ua

Показано актуальність обліку витрат палива та його вплив на паливо-заощадження у ході експлуатації автомобільного і нафтогазового технологічного транспорту. Проаналізовано методику визначення витрат палива на автомобільному транспорті через виконану транспортну роботу. Розглянуто методику визначення витрат палива на нафтогазовому технологічному транспорті та запропоновано методику визначення витрат палива через виконану роботу.

Ключові слова: технологічний транспорт, розрахунок, витрати, паливо, заощадження, ресурсозбереження.

Показана актуальність учета расхода топлива и его влияние на топливо-сбережение при эксплуатации автомобильного и нефтегазового технологического транспорта. Проанализирована методика определения расхода топлива на автомобильном транспорте за выполненную транспортную работу. Рассмотрена методика определения расходов топлива на нефтегазовом технологическом транспорте и предложена методика определения расходов топлива за выполненную работу.

Ключевые слова: технологический транспорт, расчет, расходы, топливо, сбережение, ресурсосбережение.

In work actuality of account of charges of fuel and his influencing is expounded on fuel saving during exploitation of motor and gas and oil technological transport. The method of determination of expense of fuel is analysed on a motor transport for the executed transport work. The method of determination of charges of fuel is considered on Gas And Oil Technological Transport and the method of determination of charges of fuel is offered for the executed work.

Key words: technological transport, calculation, spending, fuel, sparing, source saving.

Суспільно-економічні зміни, що відбуваються у народному господарстві України, суттєво позначаються на ресурсозбереженні паливо-мастильних матеріалів [1], на внутрішньогосподарських та інших витратах, пов'язаних, з виконанням транспортної роботи, а саме: на кількості перевезеного вантажу, виконаній роботі установкою чи агрегатом нафтогазового технологічного транспорту.

Із загального обсягу машин і механізмів, які виконують транспортну, спеціальну і різноманітну технологічну роботу, автомобільний транспорт становить до 95% від загальної кількості, а на його роботу витрачаються мільйони тонн палива. Саме тому розроблено методики для визначення витрат палива транспортними засобами загального призначення за пройдений шлях і виконану транспортну роботу.

Основна частина різноманітної техніки, яка приводиться в дію двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) і споживає рідке паливо, була спроектована десятки років тому, тобто в період, коли вартість палива була у 100 разів дешевішою, ніж сьогодні, а питанню нормування витрат палива не приділялося значної уваги. Тому норми споживання встановлювали за годину роботи машини при максимальній потужності і продуктивності.

Відсутність обґрунтованих нормативів витрат паливо-мастильних матеріалів на нафтогазовому технологічному транспорті (НГТТ) у ході виконання технологічних операцій створює певні труднощі з обліком палива, що впливає на собівартість продукції. Нормативно-технічною документацією і галузевими нормативами витрати палива встановлені здебільшого на 1 годину роботи агрегата чи установки НГТТ. Теоретичні розрахунки і аналіз практичних спостережень за експлуатацією НГТТ показали, що за таким обліком витрат палива приховуються необґрунтовані перевитрати палива і можливі зловживання з боку обслуговуючого персоналу. Практичний досвід свідчить, що більш точним визначення витрат палива буде, якщо у ході розрахунку за основу брати виконану установкою (агрегатом) роботу, а не час її роботи, оскільки один і той же агрегат, залежно від режимів експлуатації, за годину роботи може мати різну продуктивність.

В нафтогазовому комплексі держави експлуатується різні за моделями автотранспортні засоби, спеціальний і спеціалізований нафтогазовий технологічний транспорт, призначений для перевезення одного або декількох видів вантажу і виконання спеціальних технологічних операцій: обслуговування та дослідження нафтогазових родовищ, експлуатації об'єктів з

транспортування, зберігання та переробки нафти і газу.

На більшості з цих засобів документація з технічними характеристиками, нормативами витрат паливо-мастильних та інших матеріалів, які використовуються у ході їх експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті відсутня. Для таких машин встановлюють тимчасові норми витрат палива за галузевими стандартами та методикою, розробленою міністерством транспорту і зв'язку України [2]. Відсутність обґрунтованих нормативів витрат паливо-мастильних матеріалів на нафтогазовому технологічному транспорті у ході виконання технологічних операцій створює певні труднощі з обліком палива, що впливає на собівартість продукції [3].

Автомобільний транспорт

Експлуатаційна витрата палива автомобілями характеризує ефективність використання палива в реальних умовах руху. Під витратою розуміють кількість палива або газу, що використовується автомобілем в залежності від технічного його стану і умов експлуатації.

Експлуатаційна норма витрати палива на 100 км пробігу визначається сумарними витратами, віднесеними до пройденого шляху в реальних умовах руху [4] за формулою:

$$H_1 = 100 \frac{\sum Q_{\ell}}{S}, \text{ л/100 км}, \quad (1)$$

де: H_1 — експлуатаційна витрата палива, л/100 км;

$\sum Q_{\ell}$ — загальна кількість палива, витрачена в процесі руху, л;

S — пройдений автомобілем шлях, км.

Експлуатаційну витрату палива для автомобілів [5] обчислюють за формулою:

$$Q_e = H_1 \frac{L}{100} + H_2 \frac{P}{100}, \text{ л}, \quad (2)$$

де: H_1 — норма витрати палива на 100 км пробігу, л/100 км;

L — пройдений автомобілем шлях, км;

H_2 — норма витрати палива на 100 т-км транспортної роботи, л/100 т-км; для автомобілів, які не виконують транспортної роботи $P=0$. Згідно нормативних даних для автомобілів з карбюраторними двигунами він рівний 2 л на 100 т-км, а з дизельними — 1,3 л на 100 т-км [2, 4];

P — транспортна робота, т-км.

Наведені показники (1, 2) прості, але не досконалі, оскільки не враховують швидкості руху, корисного навантаження автомобіля і виконаної транспортної роботи. Саме тому для оцінювання ефективності паливовикористання запропоновано показник ефективної паливної економічності, під яким розуміють здатність автомобіля здійснювати транспортну роботу з найменшими витратами палива і часу. Цей показник можна обчислити [4] за формулою:

$$q_{ef} = \frac{Q_t}{G \cdot V_m}, \text{ л-год/т-км}, \quad (3)$$

де: q_{ef} — ефективна паливна економічність автомобіля, л-год/т-км;

Q_t — витрата палива, л;

G — маса перевезеного вантажу, т;

V_m — середня технічна швидкість руху автомобіля, км/год.

Згідно з [4] мінімальна витрата палива для вантажних автомобілів відповідає величині сталої швидкості, рівній 25...30 км/год, а легкових — 30...35 км/год. Однак ефективна паливна економічність відповідає для вантажних автомобілів швидкості, рівній 60...65 км/год, а легкових — 80...85 км/год.

Найбільш досконалий показник ефективності паливовикористання — витрата палива на одиницю виконаної транспортної роботи. Його визначають як відношення витрати палива на одиницю шляху до виконаної на цій ділянці роботи [4] і обчислюють за формулою:

$$Q_W = \frac{Q_{ек}}{P} \cdot 100, \text{ л/100 т-км}, \quad (4)$$

де: $Q_{ек}$ — експлуатаційна витрата палива, л;

P — об'єм транспортної роботи, т-км.

Ефективність використання палива [6] по автотранспортному підприємству, виробничому управлінню, загалом по міністерству планується (задається) у вигляді питомої норми (в г/т-км), яку розраховують за формулою:

$$Q_W = \frac{1000 \cdot Q_{\Pi}}{P}, \text{ г/т-км}, \quad (5)$$

де: Q_{Π} — плановий розхід палива, кг;

P — плановий об'єм транспортної роботи, т-км.

Питома витрата палива в г/т-км [6] обчислюється за формулою:

$$Q_W = \frac{1000 \cdot Q_E \cdot \rho}{P}, \text{ г/т-км}, \quad (6)$$

де: Q_E — експлуатаційна витрата палива для вантажних автомобілів з самоскидним кузовом, л;

ρ — густина палива, кг/дм³.

Плановий об'єм транспортної роботи [6] визначається за формулою:

$$P = L \cdot q \cdot \gamma_0 \cdot \beta, \text{ т-км}, \quad (7)$$

де: L — загальний шлях, пройдений автомобілем, км;

q — номінальна вантажопідйомність, т;

γ_0 — динамічний коефіцієнт використання вантажопідйомності;

β — коефіцієнт використання пробігу.

На паливну економічність найбільше впливає вантажопідйомність і коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля. Для порівняльної оцінки паливної економічності автомобілів, різних за вантажопідйомністю, і оцінки міри їх використання зручно користуватися питомими показниками Q_W , які характеризують витрату палива в літрах, віднесених до 100 км шляху і одиниці маси перевезеного вантажу. Найбільшу економію палива на одиницю маси перевезеного вантажу можна отримати при використанні автопоїздів. Це пояснюється,

перш за все, кращим використанням маси транспортного засобу [7].

Питома витрата палива [6] для вантажних автомобілів (крім автомобіля самоскида) обчислюється за формулою:

$$Q_W = 100 \cdot \rho \cdot \left(\frac{H_1}{q \cdot \gamma_d \cdot \beta} + H_2 \right), \text{ г/т·км.} \quad (8)$$

Питома витрата палива [6] обчислюється за формулою:

$$Q_P = Q_W \cdot l_{ig}, \text{ кг/т,} \quad (9)$$

де l_{ig} — відстань, яку долає автомобіль, км.

Питома витрата палива для автомобілів самоскидів [6] обчислюється за формулою:

$$Q_W = \frac{10 \cdot \rho \cdot H_1}{q \cdot \gamma_d \cdot \beta}, \text{ г/т·км.} \quad (10)$$

Очевидно, що розрахунок експлуатаційних та питомих витрат палива за наведеними формулами має і свої недоліки. Вони приховуються здебільшого в професійній майстерності водія і умовах експлуатації.

Аналіз собівартості транспортної роботи [3] свідчить, що на автомобільному транспорті тільки в результаті економії паливо-мастильних матеріалів до 20% від норми за рахунок досвіду роботи водіїв можна знизити на 3-4%. В межах держави це мільйонні заощадження.

Витрати палива суттєво залежать від вміння водія вибирати режим роботи двигуна, який забезпечує при заданих дорожніх умовах і вибраній швидкості мінімальні витрати палива. Від стилю водіння значною мірою залежить економія палива до 25% [4]. Необхідно по можливості рідше використовувати гальмівні системи, але все це залежить від психофізіологічних характеристик водія.

Отже, в залежності від швидкості руху автомобіля, а саме від включеної передачі автомобіль проходить різний шлях і виконує різну роботу. Водій, який добре володіє знаннями щодо керування автомобілем при різних транспортно-технологічних циклах і знає типові елементи цих циклів, через 1...3 роки буде автоматично правильно керувати автомобілем, не допускаючи перевитрат палива, а також по можливості економити його в міському циклі до 5...15% і до 10...30% за містом [4]. Наведене ще раз підтверджує гіпотезу про необхідність розробки нових підходів до нормування витрат палива на виконану транспортну роботу, оскільки значна ненормована економія палива може спонукати водія до зловживань і отримання додаткових доходів за заощаджене паливо.

Нафтогазове технологічне обладнання

В нафтогазовому комплексі держави експлуатуються десятки видів (моделей) технологічного устаткування, яке встановлено на шасі автомобілів. Всі ці установки, приводяться в рух двигунами внутрішнього згорання. Значна частина агрегатних установок мають привод від тягового двигуна автомобіля: АЗИНМАШ-37А, УПТ-32, УПТ1-50, А-50У, КОРО1-80, УН1-100×200, УНЦ1-160×50К, УНЦ1-160×70К,

ППУА-1200/100, ППУА-1600/100, АДПМ, ОТК4-65×21, ПС-0,5К, ПС-6,5М, АЗА-3, 2АОП, 2АУМ, МЗ-4310СК, АОЭ-01, 2АВР та інші, а частина має змонтований на шасі автомобіля або окремо на рамах автономний стаціонарний двигун для приведення в дію тільки агрегатних установок: УНІ-630×70А, УНБ1-160×63, УНБ1-400×400, УНБ1Р-400, 1СМР-20, УСРР-63, ЛСГ2Р-16, СД-9/101М та інші, які залежно від типу двигуна також можуть споживати бензин або дизельне паливо [3].

Аналіз галузевих нормативів нафтогазового комплексу з нормативними витратами палива для обладнання встановленого на спецтехніці, що виконує спеціальні (технологічні) роботи під час зупинки, свідчить про те, що ці норми встановлені в л/год, і тільки для спецтехніки, обладнаної цистернами або самонавантажувачами для перевезення контейнерів, норма навантаження (або розвантаження) встановлюється в літрах на 1 цистерну або на один комплект контейнерів. В основу розрахунку нормативних витрат палива при виконанні транспортної роботи автомобільним транспортом загального призначення визначається з розрахунку витраченого палива в літрах (л) на виконану транспортну роботу (т·км) з врахуванням пробігу і ваги причепа.

Практичний досвід спостережень за експлуатацією НГТТ свідчить, що більш точним і обґрунтованим методом визначення витрат палива буде у випадку його розрахунку за виконану роботу, а не за годину роботи установки чи агрегату.

В даний час основна частина нафтогазового технологічного обладнання, яке використовується під час освоєння і ремонту свердловин, збору і підготовки нафти, газу і води, здебільшого імпортного виробництва. Це створює певні труднощі, пов'язані з їх експлуатацією через відсутність деяких техніко-експлуатаційних показників, а саме нормативів витрат паливо-мастильних матеріалів при виконанні технологічних операцій. Відсутність таких нормативів створює певні умови для зловживання з боку обслуговуючого персоналу, необґрунтованих перевитрат палива. Слід зауважити, що вказана інформація відсутня і для деяких установок вітчизняного виробництва.

В нафтогазовій галузі продукцією є видобуток нафти або газу, собівартість якої залежить від витрат на її видобування. Економія паливо-мастильних матеріалів забезпечить зниження витрат на видобуток кубічного метра нафти або газу, що дасть нафтогазовій промисловості певні прибутки. Економна витрата паливних матеріалів на підприємствах нафтогазової галузі забезпечується шляхом: чіткого його обліку, ефективної роботи механізмів, використання рекомендованих паливних матеріалів для певних умов експлуатації, правильно відрегульованої паливної апаратури і справних механізмів, кваліфікації і майстерності машиністів (операторів) агрегатів, скорочення втрат палива на його транспортування, зберігання, видачу та інші заходи.

Згідно з документом [2] норма витрат палива на роботу спеціального обладнання, встановленого на автомобілях ($H_{об}$), які виконують спеціальні роботи під час стоянки (автокрани, компресорні, бурильні установки тощо), встановлюються в літрах на годину роботи обладнання, або в літрах на одну технологічну операцію.

Якщо в нормативних документах для роботи спеціального обладнання, встановленого на автомобілі, норми витрат палива відсутні, тоді розробляють тимчасові норми, або застосовуються технологічні норми, наведені в документації заводу-виробника обладнання, або розраховують їх з використанням технічних характеристик, наведених в документації на спецобладнання. Тимчасові норми розглядає комісія, що створюється із не менше ніж трьох спеціалістів підприємства і представника вищестоящої організації, який є куратором з питань енергоспоживання. За результатами розгляду оформляється акт.

Документом [2] передбачено: якщо в технічній документації заводу-виробника спеціального обладнання відсутні норми або технічні дані, необхідні для їх розрахунку, комісією проводяться контрольні заміри витрати палива. Для випробувань відбирають три технічно справні агрегати (якщо підприємство не має такої кількості агрегатів однієї моделі, то допускається проводити випробування на меншій кількості спецавтомобілів). Заміри витрат палива проводяться за температури навколишнього середовища не нижче 10°C (крім автомобілів, які призначені для роботи в зимовий період). Кількість замірів витрати палива на одну технологічну операцію (л) на годину роботи обладнання (л/год.) чи на пробіг спецавтомобіля при виконанні спеціальної роботи (л/100 км) повинна бути не менше трьох. Результати замірів оформляються актом, усереднюються і пропонуються для застосування як тимчасова норма витрати палива. Тимчасова норма витрати палива набуває чинності після її реєстрації та затвердження наказом керівника підприємства і погодження з вищестоящою організацією. Методика розрахунків нормативних витрат палива для спеціальних автомобілів наведена в [2]. Нормативні витрати палива для спецавтомобілів, які виконують спеціальні роботи під час стоянки, визначають за формулою:

$$Q_H = 0,01 \cdot H_S^C \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot \sum K) + H_{об} \cdot T_{об} \cdot (1 + 0,01 \cdot \sum K_c), \text{ л (м}^3\text{)}, \quad (11)$$

де: H_S^C – базова лінійна норма витрати палива на пробіг спеціального автомобіля, л/100 км ($\text{м}^3/100 \text{ км}$);

S – пробіг автомобіля, км;

$\sum K$ – сумарний коригуючий коефіцієнт до лінійної норми, %;

$H_{об}$ – норма витрати палива на роботу спеціального обладнання (л/год, або літри на виконану операцію (заповнення цистерни тощо));

$T_{об}$ – час роботи обладнання, години або кількість виконаних операцій;

$\sum K_c$ – сумарний коригуючий коефіцієнт до норми на роботу спеціального обладнання, %.

За відсутності в нормативних документах для певної моделі спецавтомобіля базової лінійної норми [2] витрати палива визначають тимчасову лінійну норму витрат палива л/100 км ($\text{м}^3/100 \text{ км}$) за формулою:

$$H_S^T = H_S + \Delta G_{cn} \cdot H_g, \text{ л/100 км (м}^3/100 \text{ км)}, \quad (12)$$

де: H_S – лінійна норма для базового автомобіля, л/100 км ($\text{м}^3/100 \text{ км}$);

ΔG_{cn} – різниця споряджених мас базового спецавтомобіля і автомобіля, т;

H_g – норма на одну тону спорядженої маси л/100 т·км ($\text{м}^3/100 \text{ т·км}$). Вказана норма відноситься до виконаної транспортної роботи (т·км) і залежно від виду палива становить: бензин – 2,0 л/100 т·км; дизельне паливо – 1,3 л/100 т·км.

Отже тимчасові норми витрат палива для роботи спеціальних автомобілів [2], для яких відсутні нормативні дані в документації, можна визначити за формулою:

$$Q_H^T = 0,01 \cdot (H_S + \Delta G_{cn} \cdot H_g) \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot \sum K) + H_{об} \cdot T_{об} \cdot (1 + 0,01 \cdot \sum K_c), \text{ л (м}^3\text{)}. \quad (13)$$

В наведеній формулі найбільш суттєвою складовою є $H_{об}$ – норма витрат палива за годину роботи спецобладнання, л/год. Аналіз таблиць [2] з нормативними витратами палива для обладнання встановленого на спецтехніці, які виконують спеціальні (технологічні) роботи під час стоянки, свідчить про те, що норма витрат, встановлена $H_{об}$, л/год., тільки для спецтехніки, обладнаної цистернами або самонавантажувачами для перевезення контейнерів норма завантаження на роботу (завантаження або розвантаження) встановлюється в літрах на 1 цистерну або на один комплект контейнерів. В основу розрахунку нормативних витрат палива при виконанні транспортної роботи автомобільним транспортом загального призначення визначається з розрахунку витраченого палива (л) на виконану транспортну роботу (т·км) з врахуванням пробігу і ваги причепа.

Норми витрат паливно мастильних матеріалів на роботу будівельно-дорожньої, підйомно-транспортної і тракторної техніки – це інтегральне значення, яке враховує як самостійне переміщення технічних засобів, так і виконання робіт за призначенням [8].

Практично використовуються індивідуальні норми витрат паливно мастильних матеріалів. Індивідуальна норма – це норма витрат палива для даної марки в л/100 км пробігу (лінійна норма).

В рамках нормування витрат палива на пробіг автотransпортних засобів філії ДК “Укргазвидобування” використовуються лінійні (індивідуальні) норми витрат палива та офіційно затверджені підходи щодо визначення фактичного нормативного обсягу витрат палива на виконання конкретного обсягу робіт, на під-

ставі яких розраховуються планові і фактичні показники [9].

Розрахунок індивідуальних норм витрат палива на одиницю робочого часу машини [9, 10] виконувався за формулою:

$$q = q_e \cdot N_e \cdot k \cdot 10^{-3}, \text{ кг/(мото-год)}, \quad (14)$$

де: q — індивідуальна норма витрат палива, кг/(мото-год);

q_e — питома витрата пального за номінальної потужності двигуна, г/(кВт·год);

N_e — номінальна потужність двигуна машини, кВт;

k — інтегральний нормативний коефіцієнт, що враховує середні умови експлуатації машини протягом робочої зміни.

Інтегральний нормативний коефіцієнт (k), що враховує середні умови експлуатації машин протягом робочої зміни при розрахунку індивідуальних норм визначають за формулою [9]:

$$k = k_{06} \cdot k_{qN} \cdot k_{TN} \cdot k_{TZ}, \quad (15)$$

де: k_{06} — коефіцієнт використання двигуна за часом;

k_{qN} — коефіцієнт використання двигуна за потужністю;

k_{TN} — коефіцієнт, що враховує зміну питомої витрати палива залежно від ступеня використання двигуна за потужністю;

k_{TZ} — коефіцієнт, що враховує витрату палива на запуск і регулювання роботи двигуна, а також щозмінне технічне обслуговування машин на початку зміни $k_{TZ}=1,03$ для всіх видів машин.

Попри це відомо, що при виконанні технологічних операцій виконується певна робота, яка безпосередньо пов'язана з продуктивністю агрегату чи установки, яка за один і той же час може мати різну продуктивність в залежності від виконуваних операцій і професійної майстерності операторів (машиністів). За день такі режими можуть змінюватися неодноразово.

Таким чином, в зв'язку з недосконалою методикою заміру витрат палива та специфікою обладнання використання усередненої норми витрат пального не дозволяє розраховувати витрати пального та встановити оптимальний запас пального в резервуарі для роботи агрегату чи установки.

Практичний досвід свідчить, що більш точним методом визначення витрат палива буде у разі його розрахунку за виконану роботу, а не за годину роботи установки (агрегату). Отже відомо, що витрати палива значною мірою залежать від професіоналізму машиніста (оператора) агрегату, який правильно вибирає режими роботи установки і передачі, що забезпечує найбільшу продуктивність агрегату.

Значна частина спецобладнання нафтогазової галузі виконує технологічні операції з підтримки тиску в нафтогазових пластах шляхом закачування в них різних рідин, хімічно активних і неактивних речовин. Вказана в довіднику [8] спецтехніка обладнана різними за призначенням насосами, компресорами, підйомачами та іншими механізмами, які приводять-

ся в дію автономним двигуном або тяговим двигуном автомобіля.

Враховуючи той факт, що агрегатні установки працюють на різних передачах, питому витрату палива двигуна бажано розраховувати на 1 м^3 закачаної суміші за певного тиску. Робота агрегату на різних передачах дає різні тиски (p , МПа) і подачу (Q , л/с), що в кінцевому результаті оцінюється потужністю яку споживає насос ($p \cdot Q$, кВт).

Потужність насоса [10] визначають за формулою

$$N_H = p \cdot Q, \text{ кВт}, \quad (16)$$

де: p — тиск, МПа; Q — витрата, л/с.

Знаючи потужність, яку споживає насос, можна визначити потужність приводного силового агрегату (двигуна внутрішнього згоряння) [10] за формулою:

$$N_{ДВ} = \frac{N_H}{\eta_H}, \text{ кВт}, \quad (17)$$

де η_H — коефіцієнт корисної дії насоса.

Якщо відома для даного двигуна внутрішнього згоряння питома витрата палива, можна визначити годинну витрату палива [10] для силового агрегату за формулою

$$G_T = N_{ДВ} \cdot q_e, \text{ кг/год}, \quad (18)$$

де q_e — питома витрата палива г/(кВт·год).

Для сталих оборотів дизельного двигуна, на яких працює агрегатна установка, питому витрату палива [10] визначають за формулою

$$q_n = \left[q_e \cdot 10^3 \cdot \left[1,55 - 1,55 \cdot \frac{n_x}{n_n} + \left(\frac{n_x}{n_n} \right)^2 \right] \right], \quad (19)$$

г/(кВт·год),

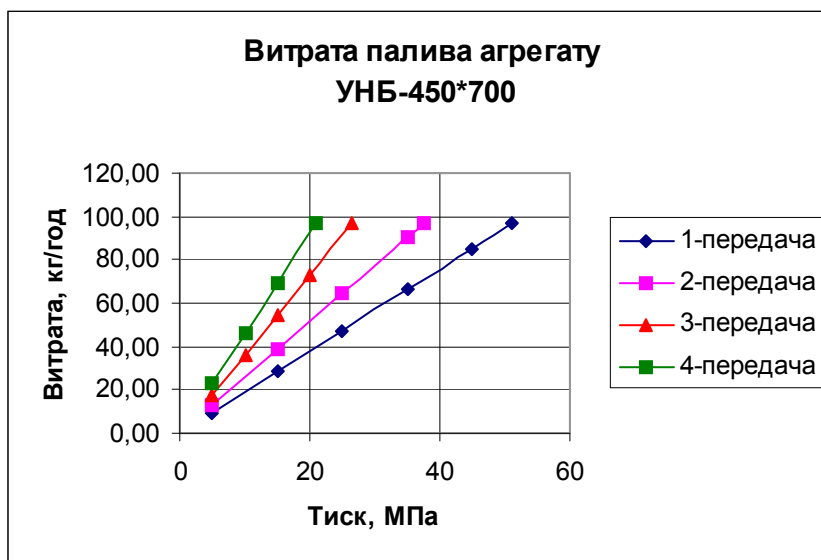
де: n_x — задана частота обертання колінчастого вала двигуна внутрішнього згоряння, об/хв;

n_n — номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, об/хв.

Витрати палива можна визначати за графіками, побудованими [10] на основі наведених аналітичних залежностей. Наприклад, на рис. 1 такі залежності побудовані для агрегату УНБ-450-70.

Аналіз графіків рис. 1, які побудовані на різних передачах коробки передач, свідчить, що значення витрат палива за одного і того ж тиску, які можна отримати на різних передачах, відрізняються удвічі і більше. Вказане свідчить, що витрати палива залежать від передачі, на якій експлуатується машиністом (оператором) агрегатна установка. Тобто витрати палива пов'язані з професійною майстерністю машиніста (оператора) агрегатної установки, що свідчить про не зовсім правильний підхід до обчислення витрат палива за 1 годину експлуатації установки.

З вищенаведеного можна зробити висновок, що більш правильне обчислення витрат палива буде у разі його обчислення за виконану роботу, тобто на 1 м^3 закачаного елемента за певного тиску. Вказаний метод підрахунку витрат, змусить машиністів (операторів) експлу-



Діаметр плунжера $d=120$ мм; частота обертання вала двигуна $n=1800$ об/хв;
 $\eta_H=0,98$ (коефіцієнт взятий для трансмісії); $q_e=0,20651$ г/(кВт·год);
 1 – четвертий ступінь; 2 – третій ступінь; 3 – другий ступінь; 4 – перший ступінь

Рисунок 1 – Залежність витрат палива від тиску

атувати агрегатні установки на оптимальних режимах при оптимальному використанні потужності двигуна. Тимчасову витрату для нафтогазових насосних агрегатних установок [10] можна визначити за формулою:

$$Q_H^T = 0,01 \cdot (H_S + \Delta G_{СП} \cdot H_G) \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot \sum K) + H^P_{об} \cdot Q \cdot (1 + 0,01 \cdot \sum K_C), \text{ л (м}^3\text{)}, \quad (20)$$

де: $H^P_{об}$ – питома норма витрати палива на роботу силового агрегату при закачуванні 1 м^3 речовини, л (м^3);

Q – кількість закачаної речовини, м^3 .

Для кожного конкретного агрегату питому витрату палива на закачування 1 м^3 речовини за певного тиску необхідно розраховувати аналітичним методом і зіставляти з фактичними витратами шляхом їх заміру методом випробувань і наступним введенням коригуючих коефіцієнтів.

Питому витрату палива на закачування 1 м^3 речовини $H^P_{об}$, л для встановленого режиму при певній подачі рекомендуємо обчислювати за формулою

$$H^P_{об} = \frac{q_N \cdot k_Q \cdot k_B \cdot N_H}{1000 \cdot Q_H \cdot 3600 \cdot \rho_{П}}, \text{ л/(м}^3\text{)}, \quad (21)$$

де: q_N – питома ефективна витрата палива, що відповідає максимальній потужності двигуна, г/(кВт·год). Питома ефективна витрата палива q_N відома із зовнішньої характеристики. За її відсутності [7] можна прийняти $q_N = (1,15 \dots 1,05) \cdot q_{e\min}$. За стовідсоткового навантаження двигуна можна приймати: для карбюраторних двигунів $q_{e\min}=260 \dots 310$ г/(кВт·год); для дизельних двигунів $q_{e\min}=195 \dots 230$ г/(кВт·год). Найточніше визначення q_N проводиться при виконанні теплового розрахунку двигуна [11];

k_Q – коефіцієнт, що враховує зміну (q_N) залежно від частоти обертання колінчастого вала [12], визначаємо за формулою

$$k_Q = 0,8973 \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^5 - 2,0757 \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^4 + 1,4575 \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^3 + 0,4481 \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^2 - 1,0069 \left(\frac{n_e}{n_N} \right) + 1,2862, \quad (22)$$

де: n_e – частота обертання колінчастого вала двигуна на експлуатаційному режимі, об/хв;

n_N – номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, об/хв.

k_B – коефіцієнт, що враховує зміну (q_N) від ступеня використання потужності двигуна [12], визначаємо за формулою:

- для карбюраторних двигунів

$$k_B^K = -1,6876 \left(\frac{N_H}{N_N} \right)^5 + 12,63 \left(\frac{N_H}{N_N} \right)^4 - 26,74 \left(\frac{N_H}{N_N} \right)^3 + 26,438 \left(\frac{N_H}{N_N} \right)^2 - 13,322 \left(\frac{N_H}{N_N} \right) + 3,7241, \quad (23)$$

- для дизельних двигунів

$$k_B^D = 4,8752 \left(\frac{N_H}{N_N} \right)^5 - 10,459 \left(\frac{N_H}{N_N} \right)^4 + 8,8188 \left(\frac{N_H}{N_N} \right)^3 - 2,5748 \left(\frac{N_H}{N_N} \right)^2 - 1,1053 \left(\frac{N_H}{N_N} \right) + 1,4993, \quad (24)$$

де: Q_H – подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\rho_{П}$ – густина палива, кг/дм^3 ;

N_N – номінальна (максимальна) потужність двигуна, кВт;

N_H – корисна потужність насоса, кВт.

Кількість закачаної речовини обчислюється за формулою:

$$Q = \frac{Q_H \cdot T}{3600}, \text{ м}^3, \quad (25)$$

де: T — час роботи спеціального обладнання, год;

Q_H — подача насоса, м³/с.

Подачу насоса Q_H , м³/с [13] обчислюємо за формулою

$$Q_H = k \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_{пл}^2}{4} \right) \cdot 2 \cdot r \cdot \left(\frac{n}{60} \right), \text{ м}^3/\text{с}, \quad (26)$$

де: k — кількість циліндрів насоса;

$d_{пл}$ — діаметр поршня (плунжера) насоса, м;

r — радіус кривошипа, м;

n — частота обертання кривошипа, об/хв.

Результати наведених досліджень доповідали на Міжнародній науково-технічній конференції “Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи” [14] і отримали схвальні позитивні відгуки.

Кафедра нафтогазового технологічного транспорту і теплотехніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу має можливість розробити тимчасові і базові норми витрат палива на агрегатні установки різного типу, що експлуатуються в нафтогазовій та інших галузях.

Контактний телефон кафедри 4-23-51.

Література

1 ДСТУ 3051-95. Ресурсозбереження. Основні положення. — Чинний від 01.01.1997-К.: Держстандарт України, 1996. — 7 с.

2 Норми витрати палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті (друга редакція). Наказ Мінтрансу України від 16.02.2004 р. № 99. — Київ: Мінтранс України, ДП “ДЕРЖАВТОТРАНСПОРТПРОЕКТ”, 2004. — 72 с.

3 Нефтепромышленное оборудование: справочник; под ред. Е.И. Бухаленко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1990. — 559с.

4 Ерохов В.И. Экономичная эксплуатация автомобиля / В.И. Ерохов. — М.: ДОСААФ, 1986. — 128 с.

5 Евдокимов Б.П. Задачник по теории автомобиля / Б.П. Евдокимов. — М.: Высшая школа, 1965. — 124 с.

6 Грузовые автомобильные перевозки / Воркут А.И. — 2-е изд., перераб. и доп. — К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. — 447с.

7 Литвинов А.С. Автомобиль: Теория эксплуатации основных свойств: учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.

8 Киселев М.М. Топливо-смазочные материалы для строительных машин: справочник / М.М. Киселев. — М.: Стройиздат, 1988. — 271с.

9 Дутчак Д. І. Актуальність нових підходів до нормування витрат палива спеціальних і спеціалізованих автомобілів, будівельно-дорожньої і тракторної техніки, бурового та геологічного обладнання // Питання розвитку газової промисловості України: 36. наук. праць. Випуск XXXVII-2009 (до 50-річчя УкрНДІгазу). Розділ: Економіка, патентоведення та стандартизація. — Український науково-дослідний інститут природних газів. — Харків: УкрНДІгаз, 2009. — С.319-321.

10 Богатчук І.М. Методика визначення витрат палива агрегатних установок нафтогазового технологічного транспорту: Анотований збірник / І.М. Богатчук, В.М. Мельник, М.І. Богатчук, Т.В. Дикун // Міжнародна науково-технічна конференція “Ресурсозберігаючі технології в нафтогазовій енергетиці “ІФНТУНГ-40”: 16-20 квітня 2007 р.; Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. — Івано-Франківськ, 2007. — 4 с. trans@nung.edu.ua.

11 Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. / Колчин А.И., Демидов В.П. — М.: Высш. школа, 1980. — 400 с.

12 Богатчук І.М. Методика визначення витрат палива на припрацювання двигунів внутрішнього згоряння / І.М. Богатчук, М.І. Богатчук, В.Д. Кучеренко // Вісник Житомирського державного технологічного університету. — 2008. — №3(46). — С. 18-27. — Серія: Технічні науки.

13 Башта Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных вузов; 2-е изд., перераб. / [Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др.] — М.: Машиностроение, 1982. — 423 с.

14 Богатчук І.М. До питання паливозаощадження на нафтогазовому технологічному транспорті: анотований збірник / І.М. Богатчук, Р.Я. Ключінський, Л.О. Богатчук // Міжнародна науково-технічна конференція [“Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи”]; Івано-Франківськ 20-23 жовтня 2009 р.; Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. — Івано-Франківськ, 2009. — 9 с. trans@nung.edu.ua.

Стаття надійшла до редакційної колегії
18.02.10

Рекомендована до друку професором
Середюк М.Д.